

## Marcada diferenciação cariotípica entre as “manjubas” *Atherinella blackburni* e *A. brasiliensis* (Atheriniformes).

Emanuell Duarte Ribeiro<sup>1</sup> e Wagner Franco Molina<sup>2</sup>

1. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Mestrando em Ecologia no Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia-INPA, Brasil. E-mail: emanuell\_ribdu@ufrnet.br

2. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-graduação em Sistemática e Evolução, Rede Nordeste de Biotecnologia, Brasil. E-mail: molinawf2@yahoo.com.br

**RESUMO.** Atheriniformes é representada por apenas três espécies na costa brasileira. A identificação de espécies e populações em alguns grupos de peixes de pequeno porte, útil na conservação biológica é restrita e decorrente em grande parte da ausência de características morfológicas conspícuas. Em geral peixes costeiros de pequeno porte são incluídos pelo senso comum em indistinto grupo polifilético que dependendo da região geográfica pode receber várias denominações populares. Entre estes muitas vezes são incluídos os atheriniformes brasileiros, cujos dados citogenéticos são ainda muito restritos. Visando contribuir para a identificação dos mecanismos de diversificação cariotípica na Ordem, foram analisadas citogeneticamente as espécies do gênero *Atherinella*, *A. blackburni* e *A. brasiliensis* através de coloração com Giemsa, Ag-RONs, bandamento C e fluorocromos base-específicos CMA<sub>3</sub>/DAPI. Ambas as espécies apresentam 2n=48 cromossomos, mas fórmulas cariotípicas distintas. *Atherinella blackburni*, possui um cariótipo formado por 38m (metacêntricos) + 6sm (submetacêntricos) + 4a (acrocêntricos) (NF=92; i.e. número de braços cromossômicos), enquanto que o cariótipo de *A. brasiliensis* é formado por 4m+14sm+18st+12a (NF=84). Sítios Ag-RONs (regiões GC+) estavam presentes no 1º par (m) em posição telomérica, em *A. blackburni* e na porção terminal do braço curto do 3º par (sm), em *A. brasiliensis*. O elevado conteúdo heterocromático, em ambas as espécies, está distribuído em regiões centroméricas e pericentroméricas, ocupando grande parte dos braços curtos na maioria dos cromossomos bibrâquiais. Grande parte das heterocromatinas dos cromossomos de *A. blackburni* é rica em bases GC. A marcante diversificação cromossômica estrutural, entre as espécies aparentemente foi mediada por processos de inversões pericêntricas e heterocromatinização diferenciais.

**Palavras-chave:** nomes de peixes, citogenética de peixes, heterocromatinização, citomarcadores taxonômicos.

**ABSTRACT:** Marked karyotype differentiation between "manjubas" *Atherinella blackburni* and *A. brasiliensis* (Atheriniformes). Atheriniformes is represented by only three species in the Brazilian coast. Species and populations identifications in some small fishes, useful in biological conservation are restricted, due markedly to the absence of conspicuous morphological features. Generally small coastal fish are included at common sense in an indistinct polyphyletic group that depending on the geographic region may receive several popular designations. Among these often are included the Brazilians atheriniforms, whose cytogenetic data are still very limited. Aiming to identify the mechanisms of karyotypic diversification in this group, were analyzed cytogenetically *Atherinella blackburni* and *A. brasiliensis* by Giemsa staining, Ag-NOR, C-banding and base-specific fluorochrome CMA<sub>3</sub>/DAPI. Both species have 2n=48 chromosomes, but distinct karyotypes. So, *Atherinella blackburni* has 38m (metacentric) + 6sm (submetacentric) + 4a (acrocentric) (NF=92), while *A. brasiliensis* 4m + 14 sm + 18 st + 12 a (NF=84). Ag-NORs sites (regions CG<sup>+</sup>) were present in the terminal portions of the short arms of pair 1 (m) in *A. blackburni* and pair 3 (sm) in *A. brasiliensis*. The high heterochromatin content in both species is distributed in centromeric and pericentromeric regions, occupying much of the short arms in the most two-armed chromosomes. Much of the heterochromatin of chromosomes of *A. blackburni* is GC-rich. The striking structural chromosomal diversity between the species was apparently mediated by pericentric inversions and differential heterochromatinization process.

**Keywords:** fish names, fish cytogenetics; heterochromatinization, taxonomic cytomarker.

## 1. Introdução

### *Identificação taxonômica e distribuição de Atheriniformes brasileiros*

Os peixes constituem o grupo mais numeroso dentre os vertebrados recentes. Das 54.711 espécies de vertebrados reconhecidas 27.977 são peixes, o que equivale a mais da metade das formas vivas de vertebrados. Desse total, cerca de 60% vivem nos oceanos e a maioria habita as regiões costeiras e litorâneas. O número total de espécies tende a crescer tendo em vista as constantes descrições de novas espécies. Propostas mais conservadoras estimam a real existência de aproximadamente 32.500 espécies (NELSON, 2006).

No Brasil, levantamentos da ictiofauna marinha estimam a presença de 1.297 espécies (MENEZES et al., 2003). Para a costa do Rio Grande do Norte, um recente estudo que aborda a riqueza e distribuição das espécies reportou a presença de 440 espécies, pertencentes a 253 gêneros distribuídos em 106 famílias incluídas em 25 ordens de duas Classes (GARCIA, 2006).

As áreas do litoral brasileiro se destacam não apenas por sua mega biodiversidade, mas também por sua formação multicultural, que reflete diretamente na riqueza nas denominações populares das espécies de peixes. Um exemplo disto ocorre com o elevado número de nomes comuns empregados na descrição de espécies de peixes recifais ou associadas a recifes. Destes 37% das denominações vêm do latim, seguido pelo Tupi/Tupi-Guarani (30%), neologismos brasilianistas, definidos por ‘palavras criadas por brasileiros’ (FERREIRA, 1999) representam 15%. Espanhol, grego, árabe e línguas africanas, juntas representam outros 15% (FREIRE; CARVALHO FILHO, 2009). Surpreendentemente a contribuição das línguas africanas é baixa apesar da imensa influência que a cultura africana exerceu sobre o Brasil desde o final do século XVIII (FREYRE, 2000), e que pessoas de descendência africana

formaram um marcado contingente dos pescadores brasileiros em meados do século XIX (FREIRE; PAULY, 2003).

Apesar da reconhecida importância da riqueza de nomes do ponto de vista da diversidade cultural, definições insatisfatórias podem surgir ao lidar-se com escalas regionais ou nacionais (FREIRE; CARVALHO FILHO, 2009). Duplicidade ou a generalização de nomes específicos os tornam muito inclusivos dificultando estabelecer a que o nome se refere. Esta condição se torna ainda mais acentuada pelo fato de que tanto as comunidades locais, como também órgãos ambientais, na maioria das vezes, fazem uso de nomes vulgares de peixes para formulação de estatísticas pesqueiras e legislações. Diferentes instituições podem fazer uso dos nomes comuns variados, que refletem a cultura local, gerando graves incorreções taxonômicas quando se analisam tais espécies em uma escala geográfica maior.

Além dos sinônimos, os homônimos, casos em que um único nome comum refere-se a uma gama de espécies (Tabela 1), ocorrem com certa frequência. Têm sido citados três exemplos marcantes de homonímias: o nome “sardinha” referindo-se a espécies inclusas nas famílias Clupeidae e Engraulidae (Clupeiformes); o nome “solha” é comumente usado para espécies das famílias Achiridae, Bothidae e Paralicthyidae (Pleuronectiformes). Outro exemplo de homonímia é o da “manjuba”, nome comum que é atribuído a 27 espécies, distribuídas em 13 gêneros, pertencentes às famílias Clupeidae e Engraulidae (Clupeiformes), Curimatidae (Characiformes) e Atherinopsidae (Atheriniformes) (FROESE; PAULY, 2010).

Surpreendentemente os grupos de espécies a que o nome “manjuba” é atribuído pertencem a 3 diferentes Superordens de Teleostei. Assim, Clupeiformes que pertencem à superordem Clupeomorpha, Characiformes, incluídos na Superordem Ostariophysi e Atheriniformes, incluídos na Superordem Acanthopterygii.

**Tabela 1.** Grupo de 27 espécies denominadas vulgarmente como “Manjuba” (modificado de FROESE; PAULY, 2010).

Gênero/espécie	Família	Ordem	Superordem
<i>Anchoa</i> (11 espécies)	Engraulidae	Clupeiformes	Clupeomorpha
<i>Anchovia clupeoides</i>	“	“	“
<i>Anchoviella</i> (4 espécies)	“	“	“
<i>Cetengraulis edentulus</i>	“	“	“
<i>Engraulis anchoita</i>	“	“	“
<i>Lycengraulis</i> (2 espécies)	“	“	“
<i>Chirocentrodon bleekermanus</i>	Clupeidae	“	“
<i>Lile piquitinga</i>	“	“	“
<i>Opisthonema oglinum</i>	“	“	“
<b><i>Atherinella brasiliensis</i></b>	Atherinopsidae	Atheriniformes	Acanthopterygii
<b><i>Atherinella blackburni</i></b>	“	“	“
<i>Odontesthes bonariensis</i>	“	“	“
<i>Curimatella lepidura</i>	Curimatidae	Characiformes	Ostariophysi
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

Pertencentes a superordem Acanthopterygii, os Atheriniformes (48 gêneros, 312 espécies e 6 famílias) são em sua maioria circuntropicais, no entanto existem alguns representantes ao sul do novo mundo que habitam a zona temperada. Estão presentes tanto em ambientes marinhos costeiros quanto nos de água doce e salobra. A maioria dos representantes marinhos apresenta coloração prateada (e possuem uma linha lateral prateada), forma alongada, geralmente de pequeno porte (variando de 25 mm a 500 mm SL) e vivem em grandes cardumes (DYER; CHERNOFF, 1996).

O gênero *Atherinella* é formado por 35 espécies que habitam águas doce, salobra e regiões marinhas costeiras, tanto no Atlântico quanto no Pacífico (NELSON, 2006). Esse gênero foi dividido em quatro subgêneros (CHERNOFF, 1986). Duas únicas espécies desse gênero ocorrem na costa brasileira, *Atherinella (Eurystole) blackburni* e *Atherinella (Xenomelaniris) brasiliensis*.

O subgênero *Xenomelaniris* é composto por três espécies que se distribuem descontinuamente pela costa do Atlântico, desde a Colômbia até o sul do Brasil (CHERNOFF, 1986). *Atherinella brasiliensis* (QUOY; GAIMARD, 1824) ocorre desde a Venezuela até o sul do Brasil sendo mais frequente em águas costeiras, principalmente na desembocadura de rios e regiões de água salobra (FIGUEIREDO; MENEZES, 2003). Vários estudos realizados nas regiões sudeste e

sul do país indicam que essa é uma das espécies mais abundantes em áreas estuarinas rasas (GARCIA et al., 2001; VENDEL; CHAVES, 2006; BARREIROS et al., 2004; SANTOS et al., 2002; PESSANHA; ARAÚJO, 2003; ANDREATA et al., 2002). Com relação à região Nordeste, sua ocorrência foi registrada por estudos realizados na costa dos estados da Bahia (LOPES et al., 1998), Alagoas (MARQUES, 1978; COSTA, 1980), Pernambuco (ESKINAZI, 1972), Paraíba (ROSA, 1980), Rio Grande do Norte (SOARES, 1988; GARCIA, 2006) e Ceará (OLIVEIRA, 1976).

*Atherinella brasiliensis* é considerada uma espécie estuarina residente, pois parte relevante do seu ciclo de vida ocorre neste ambiente (ANDREATA et al. 1990; ARAÚJO et al. 1997; GARCIA et al., 2001). Durante o período de desova, migra para o interior das enseadas estuarinas onde encontra águas calmas, rasas e vegetação abundante (BEMVENUTTI, 1987). Essa vegetação supostamente atua como substrato de fixação para o envoltório composto por filamentos que encobre seus folículos ovarianos (FÁVARO et al., 2003). Tais filamentos são comuns às espécies de Atheriniformes e provavelmente evitam a dispersão dos ovos (DUPANLOUP et al., 2005).

Por causa das suas características reprodutivas e à sua associação a ambientes fragmentados, como os estuários, acredita-se

que populações de *A. brasiliensis* que habitam estuários distantes sofram além de isolamento geográfico também algum nível de isolamento reprodutivo (STOIEV, 2010).

O subgênero *Erystole* é constituído por 17 espécies. Algumas de água doce habitam rios do México, Guatemala, Nicarágua e Costa Rica, as demais espécies são marinhas distribuindo-se pelas costas do Atlântico e o Pacífico, incluindo as ilhas Galápagos. *Atherinella blackburni* único representante deste subgênero no Atlântico, foi primeiramente descrita como *Coleotropis blackburni* baseado em espécimes coletados no Golfo da Venezuela (SHULTZ, 1949). Estudos recentes ampliaram a sua área de ocorrência, que tem distribuição pontual que se estende deste a Costa Rica, passando pela Venezuela e Brasil. Na costa Brasileira essa espécie pode ser encontrada no litoral dos Estados de Alagoas, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, tendo como limite ao sul a Itamambuca, no litoral do Estado de São Paulo (GILBERT; CALDWELL, 1967; CHERNOFF, 1986; CERVIGÓN, 1991; AGUILERA, 1998; LOPES; OLIVEIRA-SILVA, 2001; MATTOX et al., 2008; MAZZEI, 2009).

No que diz respeito aos padrões ecológicos, *A. blackburni* sempre está associada à zona de arrebentação de praias abertas e batidas, com águas limpas e alto valor de salinidade, substrato arenoso; comumente próximas a fundos rochosos e com até cerca de um metro de profundidade. Ambientes de água salobra e substrato lodoso parecem restringir a colonização da espécie (MATTOX et al., 2008). A presença de indivíduos de diferentes classes de tamanho no mesmo ambiente parece indicar que todo o ciclo de vida da espécie se desenvolve em praias arenosas (LOPES; OLIVEIRA-SILVA, 2001).

Enquanto que *A. blackburni* normalmente ocorre em praias arenosas de águas com elevada salinidade, *A. brasiliensis* geralmente ocorre em desembocaduras de rios, com águas de menor salinidade. Provavelmente esse comportamento antagônico está relacionado a uma mútua segregação ecológica para evitar competição por recursos ambientais (MAZZEI, 2009).

### *Considerações sobre a citogenética em Atheriniformes*

Em Atheriniformes os dados cromossômicos são escassos. De fato, das 312 espécies, apenas 20 (6,4%) possuem alguma informação sobre seus cromossomos, das quais na maioria se limita ao estabelecimento do número diploide e informações da macroestrutura cariotípica (Tabela 2).

Das espécies de Atheriniformes analisadas 90% apresentam como valor diploide modal  $2n=48$  cromossomos, com grandes variações no número de braços cromossômicos ( $NF= 50-92$ ). Tais dados sugerem que os cariótipos desta Ordem se mostram mais derivados em relação ao cariótipo considerado basal para subdivisão Euteleostei ( $2n=48$  cromossomos acrocêntricos), e que tal padrão é consistente com o relacionamento filogenético do grupo que revela um parentesco próximo com os Perciformes (BRUM, 1996). Grandes variações no número de braços cromossômicos aliado a um conservadorismo do valor diploide sugerem a ocorrência de inversões pericêntricas como o principal mecanismo de evolução cariotípica em vários grupos de peixes marinhos (GALETTI et al., 2000).

Mais especificamente para *Atherinella brasiliensis*, suas características reprodutivas e o fato de serem considerados estuarinos restritos, têm despertado o interesse na determinação dos níveis de estruturação populacional ao longo da costa brasileira. Análises genético-populacionais sugerem isolamento reprodutivo, e apontam que o grau de estruturação populacional para a espécie é bastante elevado, decorrente de divergências genéticas alcançadas em alopatria (CORTINHAS, 2007; STOIEV, 2010).

No que se refere aos aspectos citogenéticos, *A. brasiliensis* apresenta um expressivo polimorfismo cariotípico com seis citótipos diferentes identificados na Baía de Paranaguá e Lagoa da Conceição, indicando os dados cromossômicos como efetivos marcadores na aferição da elevada variabilidade observada para esta espécie (CORTINHAS et al., 2003). De fato, as análises citogenéticas vêm se mostrando ferramentas relevantes, que em conjunto com caracteres morfológicos e morfométricos,

permitem uma melhor compreensão da história evolutiva, aspectos biogeográficos, filogenéticos e de evolução cromossômica de diversos grupos taxonômicos (BERTOLLO et al., 2000; RIESEBERG, 2001; GORSHKOVA et al. 2002), além de auxiliarem na mitigação de

erros taxonômicos e elucidação de padrões populacionais.

Aqui são apresentados dados citogenéticos para *A. brasiliensis* no litoral NE do Brasil e pela primeira vez para a espécie *A. blackburni*.

**Tabela 2** Dados citogenéticos disponíveis para Atheriniformes. 2n - número diploide; m - metacêntricos; sm - submetacêntricos; st - subtelocêntricos; a - acrocêntricos; NF - número fundamental.

Espécies	2n	m	sm	st	a	NF	Referências
<i>Atherion elymus</i>	48		2	10	36	60	ARAI; FUJIKI (1978)
<i>Atherinella brasiliensis</i>	48	4	10	14	20	76	CORTINHAS et al. (2003)
<i>A. brasiliensis</i>	48	4	14	18	12	84	SCZEPANSKI et al. (2007)
<i>A. brasiliensis</i>	48	4	20	12	12	84	<b>Presente estudo</b>
<i>A. blackburni</i>	48	8	28	8	4	92	<b>Presente estudo</b>
<i>Atherina monchon</i>	48		6	42		54	VASILIEV (1980, 1985)
<i>Basilichthys australis</i>	48	4	5	39		57	GAJARDO (1992)
<i>B. bonariensis</i>	48	4		44		52	ARAI; KOIKE (1980)
<i>B. microlepidotus</i>	46	2	14	30		62	GAJARDO (1992)
<i>Bedotia geayi</i>	48	-	-	-	-	72	Scheel (1972)
<i>Chirostoma attenuatum</i>	48	4	24	2	18	76	ALVAREZ-ESPÍNDOLA (1994)
<i>C. estor</i>	48	12	8	12	16	68	URIBE-ALCOCER et al. (2002)
<i>C. jordani</i>	48	8	12	10	18	68	URIBE-ALCOCER et al. (2002)
<i>C. patzcuaro</i>	44			12	32	44	URIBE-ALCOCER et al. (2002)
<i>C. grandocule</i>	48	-	-	-	-	-	DURÁN-GONZÁLEZ et al. (1997)
<i>Labidesthes sicculus</i>	48	12	22	14		82	KORTH; FITZSIMONS (1987)
<i>Membras martinica</i>	48	18	18	12		84	KORTH; FITZSIMONS (1987)
<i>Menidia berilina</i>	48	8	18	22		74	KORTH; FITZSIMONS (1987)
<i>M. berilina</i>	48	10	24	14		82	KORTH; FITZSIMONS (1987)
<i>M. menidia</i>	48	4	14	12	18	66	WARKENTINE et al. (1987)
<i>Odontesthes bonariensis</i>	48	4		44		52	SOLA et al. (1988)
<i>O. bonariensis</i>	48		4	44		52	ARAI; KOIKE (1980)
<i>O. regia</i>	48		2	32	14	50	MUÑOZ et al. (2006)
<i>Telmatherina ladigesis</i>	48	-	-	-	-	86	SCHEEL (1972)

## 2. Material e Métodos

Análises citogenéticas foram realizadas em espécimes de *Atherinella brasiliensis* (Figura 1a) coletados no estuário do Rio Potengi e em Galinhos, e *A. blackburni* (Figura 1b) da Praia de Ponta Negra, no litoral de Natal, todos no litoral do Rio Grande do Norte. A identificação taxonômica das espécies foi estabelecida de acordo com CARPENTER (2002).

Exemplares adultos foram submetidos à estimulação mitótica *overnight*, por injeção intraperitoneal e intramuscular de complexo de antígenos (Nikkho-Vac®), segundo metodologia preconizada por MOLINA et al. (2010). Decorrido este período os exemplares foram anestesiados com óleo de cravo (1ml/15 l água) e sacrificados para remoção do rim anterior. Preparações cromossômicas foram

obtidas através de interrupção do ciclo celular *in vitro*, segundo GOLD et al. (1990). A heterocromatina e as regiões organizadoras de nucléolos (NORs) foram identificadas, respectivamente, a partir das técnicas de SUMNER (1972) e HOWELL e BLACK (1980). Adicionalmente à coloração convencional, as preparações cromossômicas foram também coradas os fluorocromos cromomicina (CMA<sub>3</sub>) e 4', 6-diamidino-2-phenylindole (DAPI) (SCHWEIZER, 1980) com a finalidade de identificar regiões ricas em GC- ou AT- respectivamente. Brevemente, lâminas envelhecidas por três dias foram coradas com CMA<sub>3</sub> (0.1 mg/ml) por 1 h e recorada com DAPI (1 µg/ml), for 30 min. As lâminas foram então montadas em glicerol: tampão McIlvaine pH 7.0 (1:1) e analisadas sob

fotomicroscópio de epifluorescência Olympus TM BX50, com conjunto de filtros apropriados, acoplado a um sistema de captura digital de imagem Olympus DP70. As imagens da mesma metáfase sequencialmente coradas com os fluorocromos CMA<sub>3</sub> e DAPI foram sobrepostas usando o software Adobe Photoshop CS5. O número diploide foi

estabelecido pela análise de cerca de trinta metáfases para cada indivíduo. As melhores metáfases foram fotografadas e empregadas na construção do cariótipo. A morfologia cromossômica foi estabelecida de acordo com a razão entre os braços cromossômicos (LEVAN et al., 1964).

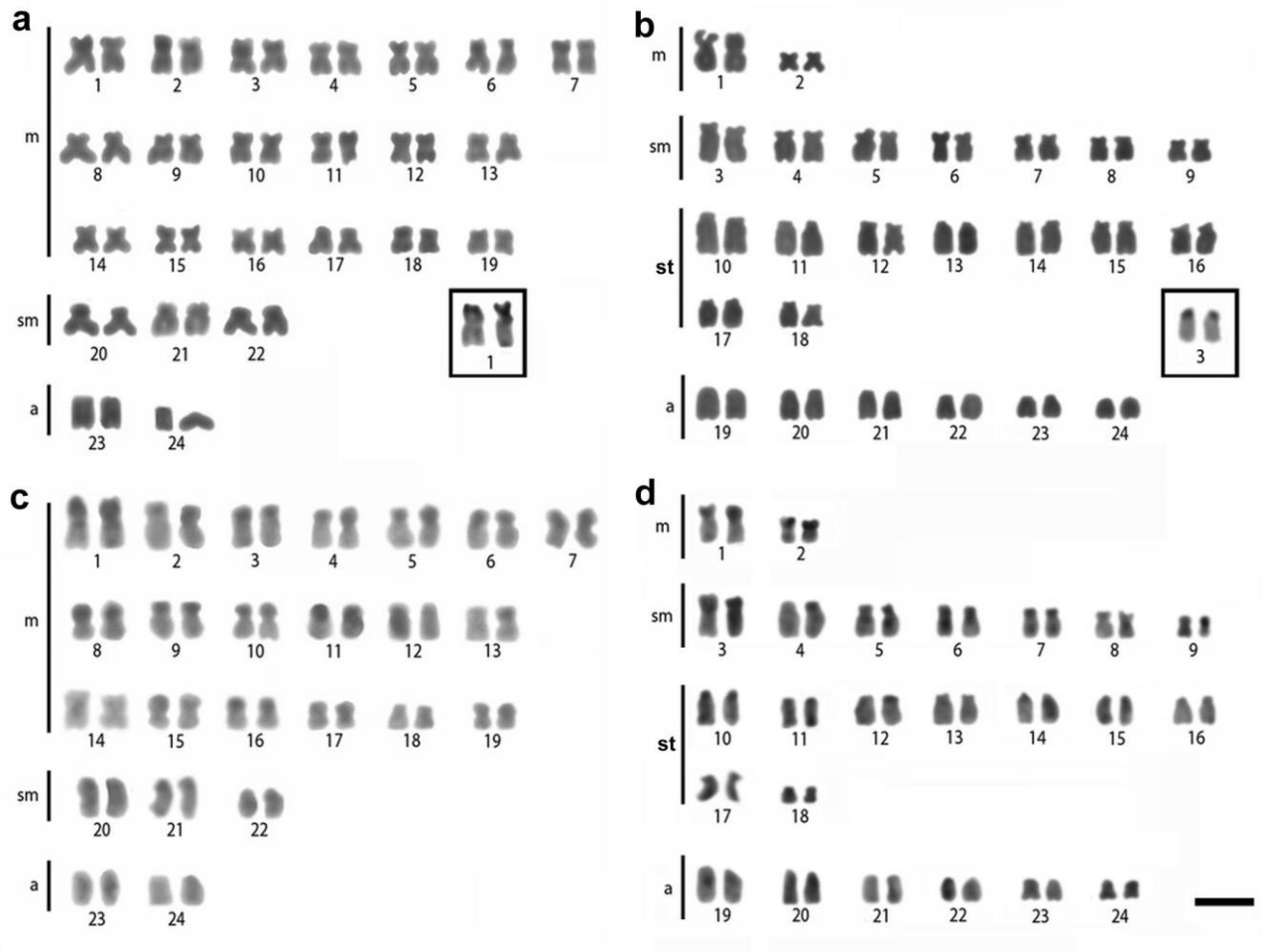


**Figura 1.** Exemplares de *Atherinella brasiliensis* (a) e *Atherinella blackburni* do litoral do Rio Grande do Norte (b). Barra = 2 cm.

### 3. Resultados

A espécie *A. blackburni* do litoral do Rio Grande do Norte apresenta  $2n=48$  cromossomos com  $38m+6sm+4a$  (NF=92) (Figura 2a). Sítios Ag-RONs simples estavam presentes na região terminal do braço curto do 1º par (m) (Figura 2a; em destaque). O bandamento C evidenciou um elevado conteúdo heterocromático, distribuído por

regiões centroméricas e pericentroméricas, além de bandas conspícuas que ocupam grande parte dos braços curtos da maioria dos cromossomos bibraquiais (Figura 2c). A coloração com os fluorocromos base-específicos indicaram que grande parte do conteúdo de heterocromatina é CMA<sub>3</sub> positivo, sobretudo as RONS (Figura 3a, c).

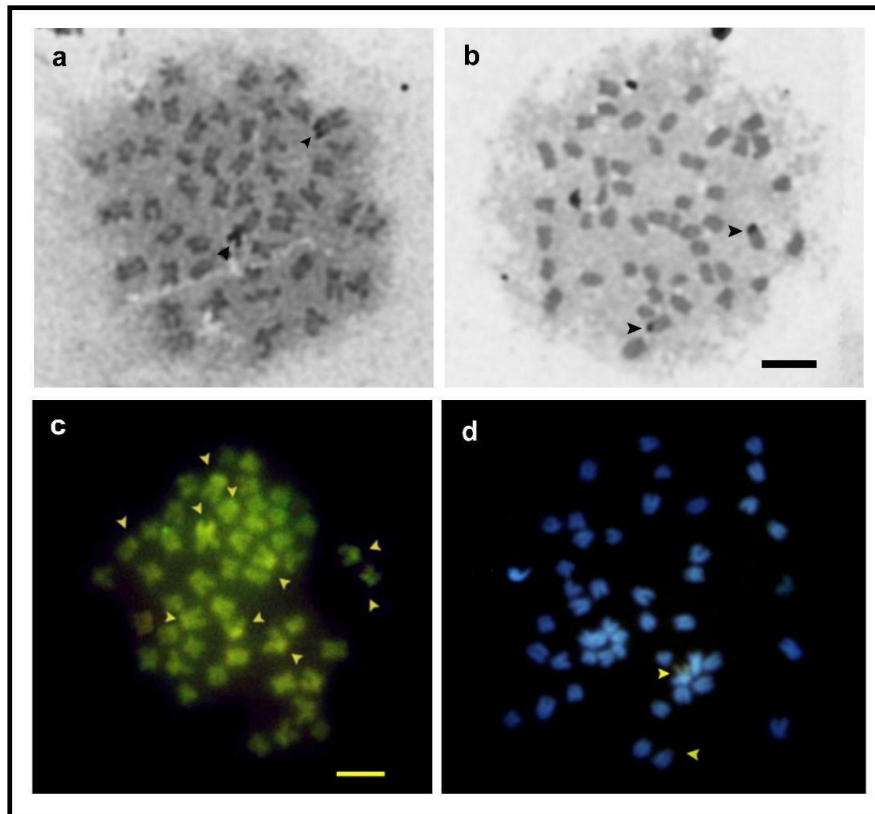


**Figura 2.** Cariótipos de *Atherinella blackburni* (a, c) e *Atherinella brasiliensis* (b, d) corados com Giemsa (a, b) e através de bandamento C (c, d). Em destaque os pares organizadores nucleolares. Barra = 5  $\mu$ m.

*Atherinella brasiliensis* apresenta  $2n=48$  cromossomos, com fórmula cariotípica composta por  $4m+14sm+18st+12a$  (NF=84) (Figura 2b). Sítios Ag-RONs estão presentes em posição terminal do braço curto do 3º par cromossômico (sm) (Figura 2b; em destaque). Um heteromorfismo no tamanho dos sítios ag-RONs pode ser frequentemente observado entre os cromossomos homólogos do par portador (Figura 2b, d). Pela técnica de bandamento C foi possível identificar um

extenso conteúdo de heterocromatina constitutiva. Além dos encontrados nas regiões centroméricas e pericentroméricas, blocos heterocromáticos ocupam a maioria dos braços curtos dos cromossomos bbraquiais inclusive no par 3 (RONs) (Figura 2d). Após dupla coloração CMA<sub>3</sub>/DAPI apenas a região de heterocromatina coincidente com as RONs mostraram-se CMA<sub>3</sub> positivas e DAPI negativas, o que indica que essas regiões são ricas em pares de base G-C (Figura 3d).





**Figura 3.** Metáfases somáticas de *A. blackburni* (a, c) e *A. brasiliensis* (b, d) submetidas às técnicas de Ag-RONs (a, b) e coloração com fluorocromos base específicos (c, d). Em (c) metáfase de *A. blackburni* após coloração por CMA<sub>3</sub>. Em (d) imagens sobrepostas de metáfase de *A. brasiliensis* após dupla coloração CMA<sub>3</sub>/DAPI. As setas indicam sítios Ag-RONs e regiões ricas em bases GC. Barras = 5  $\mu$ m.

#### 4. Discussão

Os peixes da Ordem Atheriniformes são em sua maioria circuntropicais, habitando ambientes marinhos, como também estuários e ambientes de água doce. Em suas áreas de distribuição são conhecidos popular e indistintamente como manjubas. Do ponto de vista citogenético a presença de 48 cromossomos em *A. brasiliensis* e *A. blackburni* segue uma tendência encontrada em 90% das espécies de Atheriniformes já cariotipadas, e sugere que esse é o número diploide basal mais parcimonioso para o grupo. Esse valor diploide é considerado uma característica sinapomórfica para Euteleostei e se mostra extremamente conservada, principalmente em peixes marinhos. Parte deste conservadorismo cromossômico em peixes marinhos pode estar vinculada à ausência de barreiras físicas marcantes que proporcionem isolamento reprodutivo efetivo

entre as populações (BRUM, 1995), somado a outros fatores sinérgicos (MOLINA, 2007).

Ambas as espécies analisadas apresentaram sítios Ag-RONs simples (em um único par de cromossomos), localizados em posição terminal. Tal padrão é considerado basal, não só para teleósteos, como também para a maioria das espécies de vertebrados (AMEMIYA; GOLD, 1986).

Contrastando com o conservadorismo no número diploide e a quantidade e posição dos cístrons ribossomais ativos, o número total de braços cromossômicos (NF) se mostra muito variável em Atheriniformes, cujos valores encontrados em *A. blackburni* configuram o mais elevado já descrito para a Ordem. Tal variação pode sugerir extensivos eventos de inversões pericêntricas atuando em concerto, como já apontado para alguns grupos de peixes (MOLINA; GALETTI, 2004b). As inversões pericêntricas são frequentemente encontradas em grupos de peixes e por isso é considerada



um dos mecanismos de diversificação cariotípica mais importantes (GALETTI et al., 2000, 2005; MOLINA; GALETTI, 2004b). Eventos dessa magnitude podem constituir importante mecanismo de isolamento reprodutivo pós-zigótico (KING, 1992), com eventual importância no processo de especiação em peixes Atheriniformes.

Quanto às regiões heterocromáticas, ambas as espécies apresentam um extensos blocos heterocromático no cariótipo. Além de distribuição pericentromérica, blocos heterocromáticos se estendem ainda ocupando a maioria dos braços curtos dos cromossomos bibrâquiais, e de forma destacada as regiões coincidentes com as RONS. Este padrão de distribuição da heterocromatina equilocal em relação ao centrômero em cromossomos não homólogos (HEITZ, 1933), possibilita uma conformação que pode facilitar a transferência de sequências de DNA repetitivo para regiões de eucromatina equilocais em cromossomos não homólogos. Tem sido proposto que isso ocorreria por proximidade interfásica dada uma orientação linear dos centrômeros direcionados para polos opostos na anáfase (polarização de *Rab1*) (SCHWEIZER; LOIDL, 1987). Tal condição poderia explicar o padrão de distribuição de heterocromatinas equilocal e em parte composicionalmente similares encontradas em regiões terminais dos cromossomos das espécies. Contudo, processos de heterocromatinização ocorrendo nas porções eucromáticas não possam ser descartados (KING, 1980).

Em ambas as espécies foram identificados heteromorfismos no tamanho de bandas heterocromáticas entre cromossomos homólogos. Esses polimorfismos são importantes para a diversificação cariotípica das espécies e podem resultar de *crossing-over* desigual causado por erro no pareamento de sequências repetitivas, levando ao aumento ou diminuição na quantidade de heterocromatina (SMITH, 1976).

Desde que a técnica de bandamento C foi descrita como um método de identificação da heterocromatina constitutiva nos cromossomos (SUMNER, 1972), técnicas adicionais vem sendo descritas na tentativa de qualificar esses

segmentos. Alguns fluorocromos base-específicos (CMA<sub>3</sub>, MM, DAPI) têm se mostrado eficientes em qualificar segmentos heterocromáticos em diversas espécies, como por exemplo *Astyanax scabripinnis* (SOUZA et al., 1996), ou algumas espécies de *Leporinus* (MOLINA et al., 1998).

Sítios Ag-RONs com resposta CMA<sub>3</sub>+ decorre da natureza dos cístrons ribossomais da família 45S, que apresentam um maior conteúdo de bases GC em suas regiões espaçadoras ou em sequências de DNA repetitivos adjacentes (PENDÁS et al., 1993). Em *A. brasiliensis*, especificamente, nenhuma outra região heterocromática mostrou-se com conteúdo diferenciado de bases AT ou GC. Por outro lado, nos cromossomos de *A. blackburni*, várias outras regiões além das RONS mostraram um conteúdo rico em bases GC. Esse padrão é incomum em peixes, onde preferencialmente as RONS exibem resposta CMA<sub>3</sub>+. Proporcionalmente, apenas um reduzido número de exemplos já foi descrito para peixes tropicais, com a presença de blocos heterocromáticos GC+, não associado com as RONS (ALMEIDA-TOLEDO et al., 1988; ARTONI et al., 1999; MARGARIDO; GALETTI, 2000).

A heterocromatina constitutiva parece desempenhar um importante papel na diversificação cariotípica de diversos grupos de peixes. Tem sido proposto que tanto a quantidade, como os aspectos composicionais da heterocromatina parecem exercer um papel ativo na ocorrência de rearranjos cromossômicos (CAPUTO et al., 1997; MOLINA; GALETTI, 2002; MOLINA et al., 2002; CANAPA et al., 2002).

Em alguns casos, uma menor quantidade de heterocromatina parece estar relacionada à redução na dinâmica proporcionada pela presença de largas sequências repetitivas, o que parece proporcionar um estado de estase cromossômica em algumas famílias de Perciformes marinhos, com Haemulidae (MOTTA-NETO et al., 2011). Oposto a esse padrão, em Atheriniformes o extenso conteúdo de heterocromatina poderia estar implicado no dinamismo da estrutura cariotípica encontrado em suas espécies, sendo assim uma das causas

da grande variação no número de braços cromossômicos.

Apesar da pequena quantidade de estudos citogenéticos para Atheriniformes, a frequente aparição de conjuntos cromossomos com número diploide  $2n=48$ , elevados números de braços cromossômicos e extenso conteúdo de heterocromatina revelam uma condição favorável à diversificação, como uma tendência cariotípica para a Ordem. Isso pode apoiar a ocorrência de ortosseleção cariotípica (*sensu* WHITE, 1973), favorável a processos de heterocromatinização que parecem exercer importante papel de modelagem no conjunto cromossômico de Atheriniformes.

Tendências de mudanças cariotípicas estruturais similares têm sido observadas em alguns grupos de peixes, como a ocorrência de inversões pericêntricas múltiplas (CANO et al., 1982; OJIMA, 1983; MOLINA; GALETTI, 2004b) e eventos de heterocromatinização (GALETTI et al., 1991; UENO et al., 2001).

#### *Citogenética populacional em Atherinella brasiliensis*

Estudos citogenéticos prévios realizados em populações de *A. brasiliensis* na Baía de Paranaguá e Lagoa da Conceição no sul do Brasil revelaram seis citótipos diferentes com variações no número de braços cromossômicos (CORTINHAS et al., 2003). Essa variação, no entanto, algumas vezes decorre do efeito do pequeno tamanho dos cromossomos e ou diferentes níveis de condensação da cromatina (SCZEPANSKI et al., 2007). Desta forma, diante da natureza polimórfica da heterocromatina, o número de braços cromossômicos não deve ser a única característica a ser considerada em estudos comparativos interpopulacionais em espécies de *Atherinella*.

Apesar da distância geográfica da população de *A. brasiliensis* aqui investigada, no nordeste e dados prévios de populações do sul do Brasil (CORTINHAS et al., 2003), não foi possível identificar diferenças citogenéticas conspícuas que distinguíssem precisamente essas populações. Esses dados contrastam com a estruturação populacional encontrada pelos estudos moleculares já realizados (STOIEV,

2010). Resultados similares foram encontrados no pomacentrídeo *Abudefduf saxatilis*, onde, apesar das diferenças morfológicas (MOLINA et al., 2006) encontradas em populações do Arquipélago de São Pedro e São Paulo e as costas NE e SE do Brasil, separadas por distâncias de 3.000 km, não se observaram diferenças cariotípicas identificáveis (AGUILAR et al., 1998; MOLINA; GALETTI, 2004a).

Os padrões cariotípicos entre as espécies contrastam fortemente e revelam conspícuas mudanças cromossômicas interespecíficas, embora populacionalmente crípticas em comparações intraespecíficas em *A. brasiliensis*.

#### 5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq - Conselho Nacional de Pesquisa pelo apoio financeiro, ao IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis pela licença para coleta dos exemplares (no. 02001.001902/06-82) e a José Garcia Jr. pela identificação taxonômica dos espécimes.

#### 6. Referências Bibliográficas

- AGUILAR, C.T.; GALETTI JR., P.M. Chromosomal studies in South Atlantic serranids (Pisces, Perciformes). *Cytobios*, v. 89, p. 105–114, 1997.
- AGUILERA, O. A. Los peces marinos del occidente de Venezuela. *Acta Biologica da Venezuela*, v. 18, p. 43–57, 1998.
- ALMEIDA-TOLEDO, L.F.; FORESTI, F.; TOLEDO-FILHO, S.A. An early stage of sex chromosome differentiation in the fish *Eigenmannia virescens* (Sternopygidae). *Proc. XVI Congrès Internat. Génét. Toronto*, Canada (Abstract) pp. 258, 1988.
- ALVAREZ, M.C.; CANO, J.; THODE, G. DNA content and chromosome complement of *Chromis chromis* (Pomacentridae, Perciformes). *Caryologia*, v. 33, p. 267–274, 1980.
- ALVAREZ-ESPÍNDOLA, M.A. Estudio citogenético del charal prieto (*Chirostoma attenuatum*) Meek, 1902 (Pisces: Atherinidae) en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán. Monografía (Graduação) Universidad Nacional Autónoma de México, 1994.
- AMEMIYA, C.T.; GOLD, J.R. Chromomycin A3 stains nucleolus organizer regions of fish chromosomes. *Copeia*, 1986, p. 226–231, 1986.
- ANDREATA, J.V.; BARBIERI, L.R.R.; SEBÍUA, A.S.C.; SILVA, M.H.C.; SANTOS, M.A.; SANTOS, R.P. Relação dos peixes da Laguna de Marapendi, Rio de Janeiro, Brasil. *Atlântica*, v. 12, p. 5–17, 1990.
- ANDREATA, J.V.; MANZANO, F.V.; BAPTISTA, M.G.S.; TEIXEIRA, D.E.; DE OLIVEIRA, L.O.V.; LONGO, M.M.; FRERET, N.V.; VALOIS, A.S.

- Assembléia de peixes da Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro. **Bioikos**, v. 16, p. 19-28, 2002.
- ARAI, R.; FUJIKI, A. Chromosomes of two species of atherinoid fishes. **Bulletin of the National Science Museum**, v. 4, p. 147-150, 1978.
- ARAI, R.; KOIKE, A. A karyotype study on two species of freshwater fishes transplanted into Japan. **Bulletin of the National Science Museum Tokyo**, v. 6, p. 275-278, 1980.
- ARAÚJO, F.G.; CRUZ-FILHO, A.G.; AZEVEDO, M.C.C.; SANTOS, A.C.A.; FERNANDES, L.A.M. Estrutura da comunidade de peixes jovens da margem continental da Baía de Sepetiba, RJ. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 19, p. 61-83, 1997.
- ARTONI, R.F.; MOLINA, W.F.; BERTOLLO, L.A.C.; GALETTI JR., P.M. Heterochromatin analysis in the fish species *Liposarcus anisitsi* (Siluriformes) and *Leporinus elongatus* (Characiformes). **Genetics and Molecular Biology**, 22: 39-44, 1999.
- BARREIROS, J.P.; FIGNA, V.; HOSTIM-SILVA, M.; SANTOS, R.S. Seasonal Changes in a Sandy Beach Fish Assemblage at Canto Grande, Santa Catarina, South Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 20, p. 862-870, 2004.
- BEMVENUTTI, M.A. Abundância, distribuição e reprodução de peixes-rei (Atherinidae) na região estuarina da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. **Atlântica**, v. 9, p. 5-32, 1987.
- BERTOLLO, L.A.C.; BORN, G.G.; DERGAM, J.A.; FENOCCHIO, A.S.; MOREIRA-FILHO, O. A biodiversity approach in the neotropical Erythrinidae fish, *Hoplias malabaricus*. Karyotypic survey, geographic distribution of cytotypes and cytotaxonomic considerations. **Chromosome Research**, v. 8, p. 603-613, 2000.
- BRUM, M.J.I.; CORRÊA, M.M.O.; OLIVEIRA C.C.; GALETTI JR., P.M. Cytogenetic studies on the Perciformes *Orthopristis ruber* (Haemulidae) and *Scartella cristata* (Blenniidae). **Caryologia**, v. 48, p. 309-318, 1995.
- BRUM, M. J. I. Cytogenetic studies of Brazilian marine fish. **Brazilian Journal of Genetics**, v. 19, p. 421-427, 1996.
- CANAPA, A.; CERIONI, P.N.; BARUCCA, M.; OLMO, E.; CAPUTO, V. A centromeric satellite DNA may be involved in heterochromatin compactness in gobiid fishes. **Chromosome Research**, v. 10, p. 297-304, 2002.
- CANO, J.; THODE, G.; ALVAREZ, M.C. Analisis cariologico de seis especies de esparidos del Mediterraneo. **Genética Ibérica**, v. 33, p. 181-188, 1981.
- CANO, J.; THODE, G.; ALVAREZ, M.C. Karyoevolutive considerations in 29 Mediterranean Teleost fishes. **Vie Milieu**, v. 32, p. 21-24, 1982.
- CAPUTO, V.; MARCHEGANI, F.; SORICE M.; OLMO, E. Heterochromatin heterogeneity and chromosome variability in four species of gobiid fishes (Perciformes: Gobiidae). **Cytogenetics and Cell Genetics**, v. 79, p. 266-271, 1997.
- CARPENTER, K.E. **The living marine resources of the Western Central Atlantic**. Volume 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals. Rome, FAO, 2002, p. 1375-2127, 2002.
- CERVIGÓN, F. **Los peces marinos de Venezuela**, vol. 1. Fund. Cient. Los Roques, 1991.
- CHERNOFF, B. Phylogenetic relationships and reclassification of Menidiine silverside fishes with emphasis on the tribe Membradini. **Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia**, v. 138, p. 189-249, 1986.
- CORTINHAS, M.C.S. **Análise da diversidade populacional de *Atherinella brasiliensis* (Teleostei, Atheriniformes, Atherinopsidae) baseada em marcadores RAPD das localidades de Pontal do Sul e Laranjeiras (PR), Lagoa da Conceição e Lagoa do Camacho (SC), Lagoa dos Patos (RS), Lagoa de Carapebus (RJ) e Barra Grande de Camamu (BA)**. 2007. 110 p. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Paraná.
- CORTINHAS, M.C.S.; CESTARI, M.M.; SWARÇA, A.C.; FENOCCHIO, A.S. First chromosome data about the silverside *Atherinella brasiliensis* (Atheriniformes, Pisces) from the south coast of Brazil. Conventional, C-NOR and CMA3 bandings and FISH studies. **Caryologia**, v. 56, p. 187-191, 2003.
- COSTA, F. **Documentário da ictiofauna, região das lagoas Mundaú-Manguaba**. Projeto de levantamento ecológico-cultural, 2ª etapa. Maceió, CDT/SEPLAN/ Governo do Estado de Alagoas. 200 p., 1980.
- DURÁN-GONZÁLEZ, A.; LAGUARDA-FIGUERAS, A.; GARCÍA-RUELAS, C. Estudio citogenético del charal blanco *Chirostoma grandocule* (Steindachner) del Lago de Pátzcuaro, Michoacán. **XIV Congreso Nacional de Zoología**, Guanajuato, Mexico, p. 35, 1997.
- DYER, B.S.; CHERNOFF, B. Phylogenetic relationships among atheriniform fishes (Teleostei: Atherinomorpha). **Zoological Journal of the Linnean Society [S.I.]**, v. 117, n. 1, p. 1-69, 1996.
- ESKINAZI, A.M. Peixes do canal de Santa Cruz - Pernambuco - Brasil. **Trabalhos do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, v. 13, p. 283-302, 1972.
- FÁVARO, L.F.; LOPES, S.C.G.; SPACH, H.L. Reprodução do peixe-rei, *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard) (Atheriniformes, Atherinidae), em uma planície de maré adjacente à gamboa do Bagaçu, Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, p. 501-506, 2003.
- FERREIRA, A. B. H. **Dicionário Aurélio Eletrônico - Século XXI**. Rio de Janeiro, Brasil, Lexicon Informática Ltda, 1999.
- FIGUEIREDO J.L.; MENEZES, N.A. Atherinopsidae. In: Menezes N. A., Buckup, P. A.; Figueiredo J. L.; Moura R. L. (eds.) **Catálogo dos peixes marinhos do Brasil**. São Paulo: EDUSP, pp. 65-66, 2003.
- FONTANA, F.; ROSSI, R.; LANFREDI, M.; ARLATI, G.; BRONZI, P. Cytogenetic characterization of cell lines from three sturgeon species. **Caryologia**, v. 50, p. 91-95, 1997.
- CARVALHO FILHO, F. Richness of common names of Brazilian reef fishes. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 4, p. 96-145, 2009.
- FREIRE, K.M.F.; PAULY, D. What's in there? Common names of Brazilian marine fishes. **Fisheries Centre Research Reports**, v. 11, p. 439-444, 2003.
- FREYRE, G. **Casa grande e senzala**. Record, Rio de Janeiro. 668 p., 2000.
- FROESE, R.; PAULY, D. FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version (09/2010).
- GALETTI Jr., P.M.; MESTRINER, C.A.; VÊNERE, P.C.; FORESTI, F. Heterochromatin and karyotypic reorganization in fish of the family Anostomidae

- (Characiformes). **Cytogenetics and Cell Genetics**, v. 56, p. 116-121, 1991.
- GALETTI JR., P.M.; AGUILAR, C.T.; MOLINA, W.F. An overview on marine fish cytogenetics. **Hydrobiologia**, v. 420, p. 55-62, 2000.
- GALETTI JR., P.M.; MOLINA, W.F.; AFFONSO, P.R.A.M.; AGUILAR, C.T. Assessing genetic diversity of Brazilian reef fishes by chromosomal and DNA markers. **Genetica**, v. 126, p. 161-177, 2006.
- GALETTI Jr, P. M.; AGUILAR, C. T.; MOLINA, W. An overview of marine fish cytogenetics. **Hydrobiologia**, v. 420, p. 55-60, 2000.
- GARCIA, A.M.; VIEIRA, J.P.; WINEMILLER, K.O. Dynamics of the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon estuary (Brazil) during cold and warm ENSO episodes. **Journal of Fish Biology**, v. 59, p. 1218-1238, 2001.
- GARCIA Jr, J. **Inventário das Espécies de Peixes da Costa do Estado do Rio Grande do Norte e Aspectos Zoogeográficos da Ictiofauna Recifal do oceano Atlântico**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 125 p., 2006.
- GILBERT, C.R.; CALDWELL, D.K. The American atherinid fishes of the genus *Coleotropis*. **Los Angeles County Museum, Contributions in Science**, v. 125, p. 1-16, 1967.
- GORSHKOVA, G.V.; PROTAS, Y.; BEM-ATIA, S.; GORSHKOV, S. Cytogenetic examination of early embryonic development in the white grouper *Epinephelus aeneus* (Pisces, Serranidae). **Journal of Applied Ichthyology**, v. 18, p. 29-34 2002.
- HEITZ, E.; Die Herkunft der Chromocentren. **Planta**, v.18, p.571-636, 1933.
- HOWELL, W.M.; BLACK, D.A. Controller silver staining of nucleolus organizer region with protective colloidal developer: a 1 – step method. **Experientia**, v. 36, p. 1014-1015, 1980.
- KING, M. C-banding studies on Australian hylid frogs: secondary constriction structure and the concept of euchromatin transformation. **Chromosoma**, v. 80, p. 191-217, 1980.
- KING, M. A dual level model for speciation by multiple pericentric inversions. **Heredity**, v. 68, p. 437-440, 1992.
- KORTH, J.W.; FITZSIMONS, J.M. Karyology of three species of Eastern North American Atherinid fishes. **Copeia**, 1987, p. 505-509, 1987.
- LEVAN, A.; FREDGA, K.; SANDEBERG, A. A. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. **Hereditas**, v. 52, p. 201-220, 1964.
- LOPES, P.R.D.; OLIVEIRA-SILVA, J.T.; FERREIRA-MELO, A.S.A. Contribuição ao conhecimento da ictiologia do manguezal de Cacha de Pregos, Ilha de Itaparica, Baía de Todos os Santos, Bahia. **Revista brasileira de Zoologia**, v. 15, p. 315-325, 1998.
- LOPES, P.R.D.; OLIVEIRA-SILVA, J.T. Registro de *Atherinella blackburni* (Schultz) (Actinopterygii, Teleostei, Atherinopsidae) na praia de Ponta da Ilha, Ilha de Itaparica, Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 18, p. 117-122, 2001.
- MARGARIDO, V.P.; GALETTI Jr., P.M. Amplification of a GC-rich heterochromatin in the freshwater fish *Leporinus desmotes* (Characiformes, Anostomidae). **Genetics and Molecular Biology**, v. 23, p. 569-573, 2000.
- MARQUES, J.G.W. **Levantamento da ictiofauna estival do complexo estuarino de Maceió**. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, 90p., 1978.
- MATTOX, G.M.T.; GONDOLO, G.F.; CUNNINGHAM, P.T.M. *Atherinella blackburni* (Schultz, 1949) at Itamambuca Beach, Ubatuba, SP: ecological characterization and distribution on the Brazilian coast (Teleostei: Atheriniformes: Atherinopsidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, p. 307-313, 2008.
- MAZZEI, E. F. **A influência estuarina na composição da ictiofauna de praias arenosas**. Monografia (Graduação) Universidade Federal do Espírito Santo, 2009.
- MENEZES, N.A.; BUCKUP, P.A.; FIGUEIREDO, J.L.; MOURA, R.L. **Catálogo das espécies de peixes marinhos do Brasil**. Museu de Zoologia da USP, São Paulo, 2003.
- MOLINA, W., SCHMID, M.; GALETTI JR., P.M. Heterochromatin and sex chromosomes in the neotropical fish genus *Leporinus* (Characiformes, Anostomidae). **Cytobios**, v. 94, p. 141-149, 1998.
- MOLINA, W.F. An alternative method of mitotic stimulation in fish cytogenetics. **Chromosome Science**, v. 5, p. 149-152, 2002.
- MOLINA, W.F.; GALETTI Jr., P. M. Robertsonian rearrangements in the reef fish *Chromis* (Perciformes, Pomacentridae) involving chromosomes bearing 5S rRNA genes. **Genetic and Molecular Biology**, v. 25, p. 373-377, 2002.
- MOLINA, W.F.; GALETTI Jr., P.M. Multiple pericentric inversions and chromosome divergence in the reef fishes *Stegastes* (Perciformes, Pomacentridae). **Genetics and Molecular Biology**, v. 27, p. 543-548, 2004b.
- MOLINA, W.F.; MAIA-LIMA, F.A.; AFFONSO, P.R.A.M. Divergence between karyotypical pattern and speciation events in Serranidae fish (Perciformes). **Caryologia**, v. 55, p. 299-305, 2002.
- MOLINA, W.F.; SHIBATTA, O.A., GALETTI Jr, P.M. Multivariate morphological analyses in continental and island populations of *Abudefduf saxatilis* (Linnaeus) (Pomacentridae, Perciformes) of Western Atlantic. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 1, p. 49-56, 2006.
- MOTTA NETO, C.C. **Haemulidae, modelo cariotípico de estase evolutiva**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação Bioecologia Aquática, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010.
- MUÑOZ, C.; NIRCHIO, M.; PEREZ, J.E.; RON, E.; OLIVEIRA, C.; FERREIRA, I.A. Cytogenetic characterization of the silverside fish *Odontesthes regia* (Humboldt, 1833) (Teleostei: Atheriniformes: Atherinopsidae) from Iquique, Chile. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 41, p. 57-62, 2006.
- NELSON, J.S. **Fishes of the world**. Hoboken, NJ: Wiley, 2006.
- NOGUSA, S. A comparative study of the chromosomes in fishes with particular
- OJIMA, Y. Fish Cytogenetics. In: SHARMA A.; SHARMA, K. (eds.) **Chromosomes in Evolution of Eukaryotic Groups**. v. 1, Boca Raton: CRC Press, 254 p., 1983.
- OLIVEIRA, A.M.E. Composição e distribuição da ictiofauna nas águas estuarinas do Rio Jaguaribe (Ceará-Brasil). **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 16, p. 9-18, 1976.

- OZOUF-COSTAZ, C.; PISANO, E.; THAERON, C.; HUREAU, J.-C. Antarctic fish chromosome banding: significance for evolutionary studies. **Cybiurn**, v. 21, p. 399-409, 1997.
- PENDÁS, A.M.; MORÁN, P.; GARCIA-VAZQUEZ, E. Multi-chromosomal location of ribosomal RNA genes and heterochromatin association in brown trout. **Chromosome Research**, v. 1, p. 63-67, 1993.
- PESSANHA, A.L.M.; ARAÚJO, F.G. Recrutamento do peixe-rei, *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard) (Atheriniformes, Atherinopsidae), na margem continental da baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 18, p. 1265-1274, 2001.
- RIESEBERG, L.H. Chromosomal rearrangements and speciation. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 16, p. 351-358, 2001.
- ROSA, R. S. Lista sistemática de peixes marinhos da Paraíba (Brasil). **Revista Nordestina de Biologia**, v. 3, p. 205-226, 1980.
- SANTOS, C.; SCHWARZ-JR, R.; OLIVEIRA-NETO, J.F.; SPACH, H.L. A ictiofauna em duas planícies de maré do setor euhalino da Baía de Paranaguá, PR. **Boletim do Instituto da Pesca**, v. 28, p. 49-60, 2002.
- SCHEEL, J.J. Rivuline karyotypes and their evolution (Rivulinae, Cyprinodontidae, Pisces). **Zeitschrift fuer Zoologische Systematik und Evolution sforschung**, v. 10, p. 180-209, 1972.
- SCZEPANSKI, T.S.; NOLETO, R.B.; KANTEK, D.L.Z.; CORTINHAS, M.C.S.; CESTARI, M.M. Classical and molecular cytogenetics of *Atherinella brasiliensis* (Teleostei, Atheriniformes) from South coast of Brazil. **Journal of Fish Biology**, v. 7, p. 453-460, 2007.
- SCHWEIZER, D.; LOIDL, J. A model for heterochromatin dispersion and the evolution of C-band patterns. **Chromosome Today**, v. 9, p. 61-74, 1987.
- SMITH, G.P. Evolution of repeated DNA sequences by unequal crossing over. **Science**, v. 191, p. 528-535, 1976.
- SOARES, L.H. Catálogo dos peixes do litoral do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil (Osteichthyes e Chondrichthyes). **Boletim do Departamento de Oceanografia e Limnologia**, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, v. 7, p. 1-39, 1988.
- SOLA, L.; NATILI, G.L.; CATAUDELLA, S. Cytogenetical characterization of *Odontesthes bonariensis* (Pisces, Atherinidae), an Argentine species introduced in Italy. **Genetica**, v. 77, p. 217-224, 1988.
- SOUZA, I.L.; MOREIRA-FILHO, O.; GALETTI Jr., P.M. Heterochromatin differentiation in the characid fish *Astyanax scabripinnis*. **Brazilian Journal of Genetics**, v. 19, p. 405-410, 1996.
- SUMNER, A.T. A simple technique for demonstrating centromeric heterochromatin. **Experimental Cell Research**, v. 75, p. 304-306, 1972.
- STOIEV, S.B. Variabilidade genética de *Atherinella brasiliensis* (QUOY & GAIMARD, 1825) (Atheriniformes: Atherinopsidae) ao longo da costa brasileira. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Paraná, 2010.
- UENO, K.; OTA, K.; KOBAYASHI, T. Heteromorphic sex chromosomes of lizardfish (Synodontidae): Focus on the ZZ-ZW<sub>1</sub>W<sub>2</sub> system in *Trachinocephalus myops*. **Genetica**, v. 111, p. 133-142, 2001.
- URIBE-ALCOCER, M.; OLIVERA-GARCÍA, H.; DÍAZ-JAÍMES, P. Karyotype analysis in three species of the genus *Chirostoma* (Atheriniformes: Atherinidae). **Ichthyological Research**, v. 49, p. 85-88, 2002.
- VASILIEV, V.P. Evoljuzionnaja kariologiya ryb. Moscow: Nauka. Gajardo, G. M. (1992). Karyotypes of *Basilichthys microlepidotus* and *B. australis* (Pisces: Atherinidae). **Copeia**, 1992, p. 256-258, 1985.
- VENDEL, A.L.; CHAVES, P. T. Use of an estuarine environment (Barra do Saí lagoon, Brazil) as nursery by fish. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, p. 1117-1122, 2006.
- WARKENTINE, B.E.; SMITH, C.L.; RACHLIN, J.W. A reevaluation of the karyotype of the Atlantic silverside, *Menidia menidia*. **Copeia**, 1987, p. 222-224, 1987.